

Е. А. Филяева^{1*}, Я. И. Космацкий², К. Ю. Яковлева²

¹ ООО «Научно-технический центр ТМК», г. Челябинск

² ОАО «Российский Научно-исследовательский институт трубной промышленности» (ОАО «РосНИТИ»), г. Челябинск

* *filyaeva@rosniti.ru*

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ПЕРЕДЕЛЬНЫХ ГОРЯЧЕПРЕССОВАННЫХ ТРУБ НА МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННЫХ ТРУБ

Работа посвящена оценке влияния технологической схемы производства передельных горячепрессованных труб из титанового псевдо- α сплава Ti–3Al–2.5V [1] на металлографические особенности и механические свойства холоднодеформированных труб готового размера. Оценка влияния проводилась с целью моделирования процесса производства холоднодеформированных труб по технологии, включающей в себя изготовление горячепрессованных передельных труб размерами 90,0 × 20,0 и 90,0 × 23,5 мм и последующую холодную прокатку труб размерами 38,1 × 5,36 мм в условиях ПАО «ТМК».

Ключевые слова: псевдо- α сплав, титановый сплав Ti–3Al–2.5V, прессование, холодная деформация, механические свойства, термическая обработка.

Е. А. Filyaeva, Y. Ig. Kosmatskiy, K. Y. Yakovleva

INFLUENCE OF THE TECHNOLOGICAL SCHEME OF PRODUCTION OF EXTRUSION TUBES ON METALLOGRAPHIC FEATURES AND MECHANICAL PROPERTIES OF COLD FORMED TUBES

The work is devoted to the evaluation of the effect of the technological scheme for the production of extrusion tubes from Ti–3Al–2.5V titanium pseudo- α alloy [1] on metallographic features and mechanical properties of cold-formed tubes of finished size. Impact evaluation was carried out to simulate the production process of cold-deformed tubes using a technology including the production of extrusion conduits with dimensions of 90.0 × 20.0 and 90.0 × 23.5 mm and subsequent cold formed of tubes measuring 38,1 × 5,36 mm in conditions of PJSC TMK.

Keywords: pseudo- α alloy, titanium alloy Ti–3Al–2.5V, extrusion, cold formed, mechanical properties, heat treatment.

Задачей настоящей работы является оценка влияния способа производства горячепрессованных передельных труб из титанового сплава Ti–3Al–2.5V на качественные характеристики холоднодеформированных труб готового размера (38,1 × 5,36 мм).

В качестве заготовки для холодной прокатки использовались передельные горячепрессованные трубы размерами 90,0 × 20,0 и 90,0 × 23,5 мм. Передельные трубы изготавливались по двум технологическим схемам (рис. 1) [2]: «экспандирование–прессование» и «прямое» прессование.



Рис. 1. Технологическая схема производства горячепрессованных передельных труб

Сравнительный анализ качественных характеристик холоднодеформированных труб в зависимости от схемы производства выполнен по следующим критериям: механические свойства; величина зерна.

Оценка механических свойств холоднодеформированных термически обработанных труб готового размера (38,1 × 5,36 мм) с применением горячепрессованной передельной трубы изготовленной по схеме «экспандирование–прессование» размерами 90 × 20,0 мм представлены в табл. 1.

Анализ полученных результатов показал, что механические свойства термообработанных труб из сплава марки Ti–3Al–2.5V размерами 38,1 × 5,36 мм соответствуют требованиям нормативной документации:

- временное сопротивление составляет более 621 Н/мм²;
- предел текучести – более 517 Н/мм²;
- относительное удлинение – более 15,0 %.

Соответственно можно сделать вывод, что выбранный режим вакуумной термической обработки сплава Ti–3Al–2.5V в состоянии после холодной прокатки гарантированно обеспечивает требуемую в нормативной документации степень восстановления его пластических свойств.

Оценка механических свойств холоднодеформированных труб готового размера с применением горячепрессованной передельной трубы изготовленной по схеме «прямое» прессование размерами 90 × 23,5 мм представлены в табл. 2.

Анализ полученных результатов показал, что, гарантированно

обеспечиваются требования нормативной документации только для параметров временное сопротивление и относительное удлинение.

Таблица 1

Результаты исследования механических свойств
холоднодеформированных труб из сплава Ti-3Al-2.5V

Механические свойства			
№ образца	Временное сопротивление σ_B , Н/мм ²	Предел текучести σ_T , Н/мм ²	Относительное удлинение δ , %
1	691	578	16,7
2	693	586	17,7
3	651	541	18,0
4	681	547	19,3
5	697	561	18,7
6	686	547	18,3

Таблица 2

Результаты исследования механических свойств
холоднодеформированных труб из сплава Ti-3Al-2.5V

Механические свойства			
№ образца	Временное сопротивление σ_B , Н/мм ²	Предел текучести σ_T , Н/мм ²	Относительное удлинение δ , %
1	676	507	24,3
2	669	500	24,3
3	671	513	24,7
4	674	515	22,7
5	670	514	24,2
6	672	508	24,0

Наблюдаемые же значения предела текучести не соответствуют требованиям: фактические значения располагаются несколько ниже допускаемого значения. Учитывая, что максимальное отклонение при этом составило не более 4 %, что может быть обусловлено погрешностью измерений испытательной машины, трубы были отнесены к продукции, отвечающей требованиям нормативной документации по механическим свойствам.

Сравнительная оценка механических свойств холоднодеформированных труб готового размера в зависимости от схемы производства представлена на рис. 2.

Следует отметить, что ввиду наличия ряда термических обработок

между проходами холодной деформации, с целью восстановления пластических свойств сплава Ti–3Al–2.5V говорить о влиянии способа изготовления исходной горячепрессованной трубной заготовки на механические свойства конечной продукции возможно только в первом приближении.

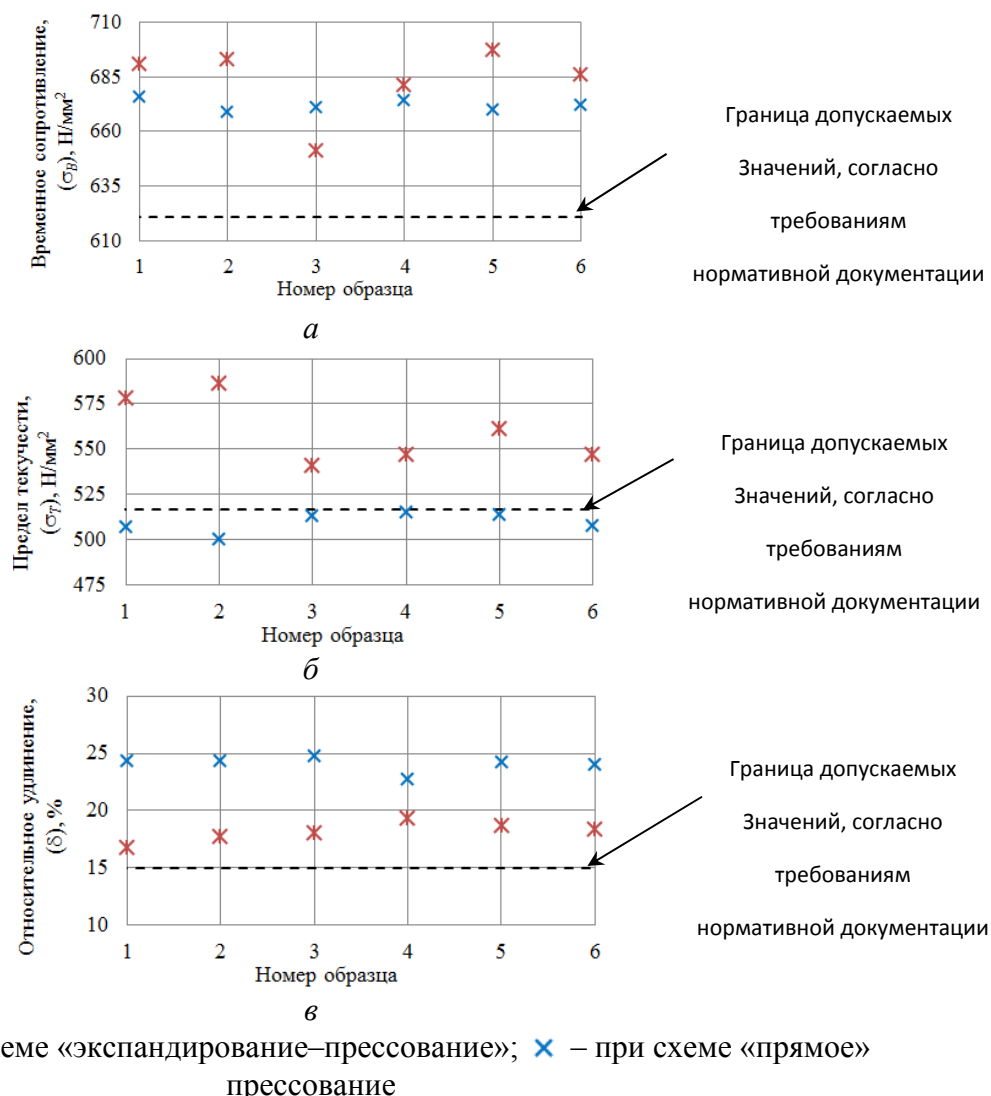


Рис. 2. Фактические значения механических свойств холоднодеформированных труб из сплава марки Ti–3Al–2.5V на всех этапах производства: а – временное сопротивление (σ_B); б – предел текучести (σ_T); в – относительное удлинение (δ)

Согласно данным рис. 2 требуемые в нормативной документации механические свойства холоднодеформированных труб обеспечиваются независимо от схемы производства. Однако при изготовлении по схеме, включающей «экспандирование–прессование», гарантированно достигаются заданные механические свойства.

Сравнительная оценка металлографических особенностей структуры сплава Ti–3Al–2.5V, характерных для каждого этапа производства по двум анализируемым схемам (представленная на рис. 3), показала отсутствие

значительного качественного влияния – по обеим схемам, требования нормативной документации обеспечиваются.

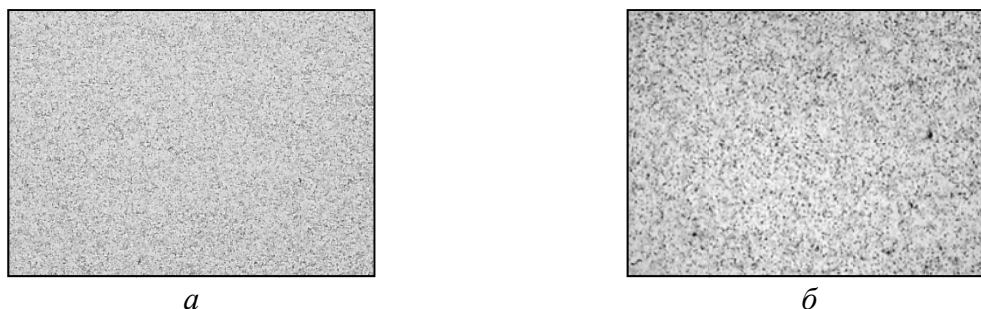


Рис. 3. Микроструктура образцов отобранных от холоднодеформированных термически обработанных труб готового размера, $\times 100$: *a* – при схеме «экспандирование–прессование»; *б* – при схеме «прямое» прессование

Анализ микроструктуры образцов, отобранных от холоднодеформированных термически обработанных труб при малых увеличениях, показал, что структура мелкозернистая, размер зерна соответствует баллу между 9-м и 10-м шкалы микроструктур в соответствии с ASTM E 112 [3]. Микроструктура не имеет включений, которые могли бы препятствовать изготовлению труб.

Однако, установлено, что изготовление труб по схеме «экспандирование–прессование» характеризуется:

- получением более мелкозернистой структуры как для горячепрессованных передельных труб, так и для конечной трубной продукции;

- получением структуры с более равномерной проработкой на этапе изготовления горячепрессованных передельных труб и как результат – холоднодеформированных труб готового размера.

Таким образом, установлено, что особенности структуры сплава Ti–3Al–2.5V согласуются с результатами анализа механических свойств и объясняют их большую равномерность для схемы, включающей способ «экспандирование–прессование».

ЛИТЕРАТУРА

1. Boyer R. Titanium Alloys / R. Boyer, G. Welsch, E. W. Collings. ASM International. The Material Information Society. 1994. 1176 p.
2. Пышминцев И. Ю. Освоение технологии производства труб TREX из сплава Ti–3Al–2.5V / И. Ю. Пышминцев, Я. И. Космацкий, Е. А. Филяева [и др.] // Труды XXII международной научно-технической конференции Трубы-2016 «Трубная промышленность России. Вектор инноваций»: сб. науч. трудов. Челябинск: РосНИТИ, 2016. В 2 ч. Ч. 2. С. 238–242.
3. ASTM E 112-13 Standard Test Methods for Determining Average Grain Size / ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013.